

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.52.11.002

УДК 621.331.5

© И.А. Монахов, М.В. Гришин, А.Г. Скворцов, 2020

**И.А. МОНАХОВ**

начальник отдела  
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово  
e-mail: i.monahov@nc-vostnii.ru



**М.В. ГРИШИН**

канд. техн. наук,  
ведущий научный сотрудник  
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово  
e-mail: mvgrishin@gmail.com



**А.Г. СКВОРЦОВ**

начальник отдела  
ООО «Беккер Майнинг Системс РУС»,  
г. Новокузнецк  
e-mail: alexander.skvortsov@becker-mining.com



## БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ ШАХТНЫХ ПОДВЕСНЫХ ЛОКОМОТИВОВ

*В статье показаны преимущества применения аккумуляторного электропривода для шахтных подвесных локомотивов. Рассмотрены вопросы обеспечения безопасности эксплуатации аккумуляторных батарей в условиях шахт, связанные с вентиляцией водорода, системой контроля и зарядки.*

Ключевые слова: АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ, РЕГУЛИРУЮЩИЙ КЛАПАН, ШАХТНЫЙ ТРАНСПОРТ, ВЫДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА, РЕКУПЕРАЦИЯ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БАТАРЕЕЙ, ЗАРЯДКА.

Производство электромобилей в мире с каждым годом возрастает, совершенствуются аккумуляторы, системы заряда. Фактически, электрическая мобильность почти достигла переломного момента и уже вполне доступна, особенно если учесть расходы на топливо и техническое обслуживание. В свя-

зи с этим и в шахтном транспорте появилась перспектива применение аккумуляторного электрического привода вместо широко распространенного сейчас дизельного двигателя как с точки зрения эффективности, так и прежде всего безопасности и экологичности [1].

На применение автономного электропривода в шахтах обращают внимание многие производители горной техники. Фирма Becker-Warkop (Польша) за последние 2 года выпустила 20 подвесных аккумуляторных локомотивов (тягачей) СА-190 (рис. 1), один

из которых проходит испытания на шахте имени А.Д. Рубана АО «СУЭК-Кузбасс».

Тягач СА-190 (рис. 1) состоит из аккумуляторного блока BWZA, двух кабин оператора и приводов BWNE с тормозной системой.



Рис. 1. Подвесной аккумуляторный локомотив (тягач) СА-190 фирмы Becker-Warkop

Эксплуатация аккумуляторного тягача показала следующие преимущества.

Во-первых, отсутствие выхлопных газов и необходимости дополнительного проветривания для разжижения ядовитых газов, которые вместе с твердыми частицами дизельного топлива обладают канцерогенным действием.

Во-вторых, возможность рекуперации энергии при торможении двигателем во время движения вниз, что улучшает эффективность работы тягача путем увеличения времени работы между зарядками.

В-третьих, более тихая работа электропривода по сравнению с работой двигателя внутреннего сгорания обеспечивает комфортную работу для оператора тягача и перевозимого персонала.

В-четвертых, расходы на электроэнергию гораздо ниже по сравнению с расходами на

топливо при эксплуатации дизель-гидравлических локомотивов, а также нет необходимости транспортировки опасных горюче-смазочных материалов в подземные выработки.

В потенциально взрывоопасных условиях подземных выработок шахт основной проблемой применения аккумуляторных батарей являются опасные выделения водорода при их эксплуатации.

В подвесном локомотиве типа СА-190 установлены свинцово-кислотные аккумуляторы типа 12ZeMa190 производства фирмы Enersys, изготовленные по технологиям с регулируемым клапаном (VRLA) и тонкими пластинами из чистого свинца (TPPL). Аккумуляторы имеют герметизированный корпус с предохранительными клапанами для выпуска избыточного газа и являются необслуживаемыми. В этих аккумуляторах, благодаря

тому, что электролит абсорбирован (впитан) в сепаратор, рекомбинация водорода и кислорода имеет эффективность 95 %. По сравнению с традиционными аккумуляторами,

выделение водорода во время зарядки этих аккумуляторов по сравнению с традиционными аккумуляторами сокращено более чем в 200 раз.

Таблица 1

Количество образуемого водорода и кислорода элементом 2В емкостью 100Ач

	Стандартный свинцово-кислотный аккумуляторы с наливным электролитом	Аккумулятор ZeMa (VRLA, TPPL)
H <sub>2</sub> объемно	7100 см <sup>3</sup>	30 см <sup>3</sup>
O <sub>2</sub> объемно	3550 см <sup>3</sup>	15 см <sup>3</sup>

Несмотря на значительное уменьшение выделения водорода, батареи свинцово-кислотных аккумуляторов с регулируемым клапаном для применения в шахтах должны быть выполнены во взрывозащищенном исполнении. Размещение этих батарей внутри взрывонепроницаемой оболочки по ГОСТ IEC 60079-1-2013 [2] не допускается по причине выделения опасных газов.

В связи с этим, наиболее приемлемыми для свинцово-кислотных батарей являются оболочки повышенной защиты вида «е» по ГОСТ 31610.7-2017 [3], которые обеспечивают достаточный для условий шахт уровень взрывозащиты eB Mb и имеют необходимое проветривание.

В этом случае к батарее предъявляются следующие требования:

- корпус батареи должен выдерживать без повреждения механические напряжения, возникающие при эксплуатации, включая напряжения при транспортировании, погрузке и разгрузке;
- сопротивление изоляции не менее 1 МОм;
- при зарядке максимальное содержание водорода в корпусе батареи не должно превышать 2 %.

В аккумуляторном блоке BWZA тягача СА-190 вентиляционные отверстия для перемещения воздуха расположены в верхней и нижней частях коробки, чтобы создавать оптимальные условия для газообмена внутри корпуса с одновременным сохранением сте-

пени защиты IP54.

Значительное повышение надежности и безопасности обеспечивает применение интеллектуальной системы управления батареями, которая контролирует как всю батарею, так и каждый элемент, отвечает за процесс рекуперации энергии и даже принимает решение о распределении энергии между элементами. Кроме того, система играет защитную роль как в программном, так и в аппаратном обеспечении от нежелательных ситуаций, таких как перезарядка или чрезмерный разряд батарей, превышение температуры любого элемента, перегрузки и замыкания в цепи приемников. За правильное управление аккумуляторной батареей отвечает алгоритм управления, записанный в энергонезависимой памяти программируемого логического контроллера PLC. Связь контрольной системы с отдельными измерительными модулями, расположенными на аккумуляторах, осуществляется по радиоканалу.

Для заряда аккумуляторной батареи тягача СА-190 используется зарядный трансформатор BWZT, который включается в сеть напряжением 1140 (660) В. Подключения аккумуляторной батареи к зарядному трансформатору BWZT осуществляется быстроразъемным соединителем типа PC\*\*\* – 1000. Защита трансформатора BWZT не допускает отключения соединителя под напряжением. Процесс зарядки контролирует модуль, являющийся интегральной частью блока BWZA.

Все параметры процесса зарядки (напряжение, ток, время, завершение процесса зарядки) высвечиваются на дисплее. Время зарядки зависит от уровня разрядки элементов.

Важная особенность заключается в том, что элементы, используемые в батарее, следует заряжать как можно чаще. Таким образом, даже в течение получаса или часа простоя машины рекомендуется подключить аккумулятор к зарядному устройству, что значительно

увеличит время использования машины.

Наличие входящих в состав оборудования тягача СА-190 зарядного трансформатора и быстроразъемного соединителя, а также постоянный контроль водорода в корпусе батареи соответствуют требованиям к заряду батарей ГОСТ 31610.7-2017 [3] и обеспечивают эффективную и безопасную зарядку аккумуляторной батареи непосредственно в горных выработках.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pieczora E., Tokarczyk J. Development of mine underground transportation with use of suspended monorails // Mining-informatics, automation and electrical engineering. 2017. No. 4 (532) P. 96–106. URL: <http://dx.doi.org/10.7494/miag.2017.4.532.96> (дата обращения 01.09.2020).
2. ГОСТ IEC 60079-1-2013 Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемые оболочки «d».
3. ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «e».

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.52.11.002

UDC 621.331.5

© I.A. Monakhov, M.V. Grishin, A.G. Skvortsov, 2020

### I.A. MONAKHOV

Head of Department  
JSC «NC VostNII», Kemerovo  
e-mail: i.monahov@nc-vostnii.ru

### M.V. GRISHIN

Candidate of Engineering Sciences,  
Leading Researcher  
JSC «NC VostNII», Kemerovo  
e-mail: mvgrishin@gmail.com

### A.G. SKVORTSOV

Head of Department  
LLC «Becker Mining Systems RUS», Novokuznetsk  
e-mail: alexander.skvortsov@becker-mining.com

## SAFETY AND EFFICIENCY OF STORAGE BATTERIES FOR MINE SUSPENDED LOCOMOTIVES

*The article reveals the advantages of using a battery electric drive for shaft suspended locomotives. Issues related to hydrogen ventilation, monitoring and charging system to ensure safety of storage batteries operation in mine conditions are considered.*

Keywords: ACCUMULATOR BATTERIES, CONTROL VALVE, SHAFT TRANSPORT, HYDROGEN RELEASE, RECOVERY, BATTERY CONTROL SYSTEM, CHARGING.

**REFERENCES**

1. Pieczora E., Tokarczyk J. Development of mine underground transportation with use of suspended monorails // Mining-informatics, automation and electrical engineering. 2017. No. 4 (532) P. 96–106. URL: <http://dx.doi.org/10.7494/miag.2017.4.532.96> (date of the application 01.09.2020).
2. GOST IEC 60079-1-2013 Explosive atmospheres. Part 1. Equipment with type of protection «flameproof enclosures «d». [In Russ.].
3. GOST 31610.7-2017 (IEC 60079-7: 2015) Explosive atmospheres. Part 7. Equipment. Increased protection type «e». [In Russ.].